

Rozvoj tvořivosti ve výuce fyziky III. – Divergentní fyzikální úlohy

Václav Meškan¹, Základní škola a Mateřská škola Dubné

Další díl série věnované tvůrčí výuce fyziky je zaměřen na základní prvek této výuky, kterým jsou divergentní fyzikální úlohy. Hlavní pozornost je věnována především početným divergentním úlohám, jejichž řešení představuje velmi hodnotnou aktivitu dobře zařaditelnou i do tradiční výuky fyziky. Součástí článku jsou ukázky prací žáků.

Úvod

Třetí díl série článků věnované metodice rozvoje kreativity ve výuce fyziky na základní škole je zaměřen na stěžejní obsahový prvek tvůrčí výuky fyziky, kterým jsou tzv. divergentní fyzikální úlohy. V prvním dílu série byl čtenář seznámen se základními pedagogicko-psychologickými východisky tvůrčí výuky fyziky. Druhý díl byl věnovaný přípravné fázi samotné výuky související s motivací a odstraňováním bariér kreativity. Každý díl byl zakončen několika náměty divergentních úloh, které slouží k procvičování tvořivosti při řešení fyzikálních problémů. Tento v pořadí třetí díl je věnován podrobněji tomuto typu netradičních fyzikálních úloh.

Struktura kreativního procesu

Psychologická východiska tvůrčího procesu a procesu tvůrčího řešení problémů byla podrobně probrána v prvním dílu této série [1]. S odkazem na tento článek čtenáři připomenu, že myšlenkové operace složitějšího procesu tvůrčího řešení problémů lze rozdělit do dvou neustále se doplňujících fází, kterými je sbíhavé, konvergentní myšlení a rozbíhavé, divergentní myšlení. Původcem tohoto rozdělení je psycholog J. P. Guilford [2]. Konvergentním myšlením označil myšlenkový postup, který vede k výběru z několika možných prvků, jako například při výběru jedné správné odpovědi v testu s několika možnými odpověďmi. Divergentní myšlení naopak odpovídá generování mnoha rozličných myšlenek. Tvůrčí proces potom zjednodušeně probíhá tak, že po fázi divergentního vymýšlení nejruznějších možných řešení problému přichází fáze konvergentního výběru toho nejvhodnějšího z nich. V praxi jsou proto oba myšlenkové postupy stejně závažné. Ve školní výuce se ovšem musíme zaměřit především na divergentní myšlení, které je hlavně v předmětech s převahou teoretického zaměření, kam patří i fyzika, tradičně zanedbáváno, na což upozorňuje například Lokšová [3].

Divergentní fyzikální úlohy

Pojem divergentní fyzikální úlohy značí druh fyzikálních problémů, při nichž je uplatňováno divergentní myšlení či některá jeho složka.

V pracích některých autorů, např. [4], označují divergentní fyzikální úlohy konkrétně cvičení na rozvoj jednotlivých složek divergentního myšlení. Příklady takových jednoduchých cvičení jsem uvedl v prvním dílu série:

- *Fluence*: Uveď vše, co se ti vybaví pod pojmem síla
- *Flexibilita*: Jak lze pomocí tužky změřit šířku řeky? Uveď co nejvíce možných řešení.
- *Originalita*: Uveď originální použití žárovky, na které dosud nikdo nepřišel.
- *Senzitivita*: Uveď co nejvíce fyzikálních jevů, se kterými se setkáváme v kuchyni.
- *Redefinice*: Navrhni, jak pomocí polévkové lžice měřit hmotnost.
- *Elaborace*: Navrhni vlastní siloměr a vypracuj návod na jeho výrobu.

Uvedená cvičení jsou vhodnou „rozvíčkou“ v řešení tvořivých úloh, která pomůže žákům uvolnit se a pochopit „pravidla hry“. Těžko je ovšem lze považovat za plnohodnotné fyzikální úlohy, které je možné zařadit do výuky fyziky k procvičování či diagnostice fyzikálních znalostí.

¹ reditel@zsdubne.cz

Dotace hodin fyziky na základních školách neposkytuje příliš prostoru k tomu, aby učitelé „narušovali“ výuku vedlejšími, byť sebehodnotnějšími aktivitami, které přímo nesouvisejí s probíraným učivem. Ve své práci [5] jsem se proto snažil navrhnout divergentní fyzikální úlohy tak, aby byly zařaditelné do běžného vyučování fyziky na základních školách. Úlohy by měly poskytovat prostor pro žákovu kreativitu, ale současně by měl žák při jejich řešení uplatnit konkrétní fyzikální vědomosti a dovednosti.

Během zpracovávání mé práce a během praxe s využitím tvůrčí metodiky vznikla celá řada divergentních úloh různých typů. Zájemce se s nimi může seznámit v mých starších pracech (např. zde [6], [7]). Není posláním tohoto textu opakovat dříve napsané. V tomto článku se proto zaměřím pouze na specifickou skupinu kvantitativních divergentních úloh, které se nejvíce blíží tradičním početním fyzikálním úlohám a jsou proto také velmi dobře zařaditelné v běžné výuce fyziky.

Nejjednodušším způsobem, jak lze spojit tvořivost s řešením fyzikálních úloh, je nechat žáky samotné, aby úlohy vymýšleli. Není ovšem vhodné zadávat takový úkol žákům příliš volně, jinak se lze jen stěží dočkat kvalitního řešení. Především doporučuji stanovit předem výsledek úlohy. Tím jednak učitel zabrání tomu, aby si žáci zjednodušovali nadměrně práci vymýšlením příliš banálních úloh, jednak umožňuje žákům vytvořit si představu o konkrétním rozměru fyzikálních veličin. Při zadávání divergentních úloh je nutné předem počítat s „chytračením“ žáků a předcházet situacím, kdy žák vymyslí sice v zásadě správné a tvůrčí řešení, ovšem fyzikálně irelevantní. Příklad takového řešení:

Zadání: Vymysli úlohu, aby její výsledek byl 2 000 Pa.

Odpověď: 1 500 Pa + 500 Pa = ? Pa

V takovém případě totiž nezbývá učiteli, než uznat řešení, pochválit žáka za vtipný přístup a zadání upřesnit. Z hlediska rozvoje kreativity je ovšem vhodnější počítat dopředu s podobnými nápady a zadání předem doplnit o častý dovětek divergentních úloh – vymysli co nejvíce různých řešení. Chce-li se učitel podobným „hrátkám“ vyhnout, je nutné požadavky jasně definovat.

Že i přes tato omezení zůstává prostor pro žákovu kreativitu velmi široký dokazuje následující ukázka řešení úlohy:

Zadání úlohy: Vymysli úlohu na výpočet tlaku, aby výsledek byl 2 000 Pa.

Postup řešení:

- 1) Žák řešící úlohu musí nejprve nalézt výchozí vztah, v tomto případě pravděpodobně definiční vztah pro tlak $p = F : S$.
- 2) Ve druhé fázi řešení si musí žák uvědomit charakter veličin popsanych ve výchozím vztahu pomocí jejich značek a zvolit takovou konfiguraci hodnot veličin včetně jejich správných jednotek, aby po provedení příslušných matematických operací dosáhl výsledku stanoveného zadáním. V daném příkladu lze zvolit např.:
tlaková síla $F = 200 \text{ N}$
plocha $S = 0,1 \text{ m}^2$.
- 3) Obecnému tvrzení vyplývající z matematického zápisu – tlaková síla o velikosti 200 N působí na plochu o velikosti $0,1 \text{ m}^2$ – žák dále přiřazuje konkrétní fyzikální děj. Zvoleným rozměrům veličin musí doplnit reálný obsah.
Př.: Síla o velikosti 200 N může odpovídat například tíze tělesa o hmotnosti 20 kg, plocha o velikosti $0,1 \text{ m}^2$ odpovídá přibližně ploše čtverce o délce strany 32 cm, či ploše kruhu o poloměru 18 cm.
- 4) Finální fáze řešení divergentní úlohy spočívá ve vymýšlení smysluplného slovního zadání. V tuto chvíli již záleží vše na tvořivosti žáka.

Příklad zadání: *V konvi o hmotnosti 2 kg a průměru dna 36 cm je nalito 18 litrů vody. Urči, jak velikým tlakem působí konev na zem.*

Z uvedeného příkladu řešení je zřejmé, že počet možných řešení může být skutečně velmi široký. Příklad typově zcela odlišného řešení splňujícího zadání: *O kolik se zvýší hydrostatický tlak působící na rybu ve vodě, když se přesune z hloubky 1 m do hloubky 1,2 m?*

Jak je patrné z ukázkového řešení úlohy, postup vedoucí k jejímu vyřešení vyžaduje nejen žákovu tvořivost, neboť v téměř každé fázi řešení vyžaduje od žáků divergentní myšlení, ale také značnou míru fyzikálního myšlení. Příprava podobných úloh je přitom nenáročná. K úspěšnému zařazení takových úloh ve výuce je ovšem důležité, aby žáci byli obeznámeni s metodou řešení tvůrčích úloh a znali kriteria jejich hodnocení. Metodice i hodnocení bude věnován některý z dalších dílů této série.

Předtím než učitel zadá žákům úlohy s takto široce otevřeným zadáním, může využít některé „stravitelnější“ aktivity. Určitým předstupněm samostatného tvůrčího řešení divergentních úloh je aktivita, při které žáci vymýšlejí úlohu hromadně formou jakéhosi brainstormingu. Jediný rozdíl oproti předchozímu námětu je ten, že řešení úlohy probíhá frontálně. Celá třída ve spolupráci s učitelem vymýšlí úlohu na předem stanovené téma přímo ve vyučování. Pod vedením zkušeného učitele si žáci osvojí metodu řešení tvůrčích úloh a zpravidla se všichni i dobře pobaví.

Další fází může být typ úloh, který nazývám „Vypočítej a oživ úlohu“. Úloha je v tomto případě zadána formou matematického zápisu pomocí symbolů a čísel. Žákovým úkolem je úlohu vyřešit a poté vymyslet smysluplné slovní zadání.

Příklad: Vypočítej úlohu a vymysli smysluplné slovní zadání:

$$V = 3 \text{ m}^3$$

$$\rho = 1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

$$F_{\text{vz}} = ? \text{ N}$$

Je zřejmé, že, ačkoliv jde o úlohu jinak velmi jednoduchou, postup řešení úlohy není zdaleka tak banální, jako kdyby úloha byla zadána tradičně včetně „hotového“ slovního zadání. Při řešení podobných úloh v tradiční výuce žákům běžně stačí zapamatovat si, že k výpočtu vztlakové síly je nutné vynásobit tři čísla, aniž by bylo nutné se hlouběji zamýšlet nad jejich významem. Při vymýšlení slovního zadání si ovšem s takovým náhradním algoritmem nevystačí.

Žák si musí v prvé řadě uvědomit smysl zadaných symbolů a přiřadit jim správný fyzikální význam. V této fázi musí žák prokázat značnou míru porozumění látce. Ze zadání je zřejmé, že předmětem úlohy je výpočet velikosti vztlakové síly. Na základě znalostí Archimédova zákona žák určuje význam zadaných veličin – V představuje objem ponořené části tělesa, ρ představuje hustotu kapaliny, v tomto případě vody, a g je tíhové zrychlení na Zemi – a navrhuje konkrétní fyzikální situaci, která může odpovídat zadání.

Podobné úlohy jsou velmi dobře zařaditelné do výuky, nevyžadují náročnou učitelovu přípravu a přitom tvoří velmi hodnotnou výukovou aktivitu, kterou vřele doporučuji nejen ke zpestření tradiční výuky, ale především jako předstupeň skutečné tvůrčí výuky fyziky.

Jsou-li žáci obeznámeni s neverbálním zadáním úloh (viz [8]), je možné zadání rozšířit o požadavek vytvořit zadání formou obrázku. Příklad: *Vymysli úlohu na výpočet průměrné rychlosti a nakresli obrázek, který bude sloužit jako zadání úlohy.*



Obr. 1 – zadání neverbální úlohy – práce žáka – šnečí maraton

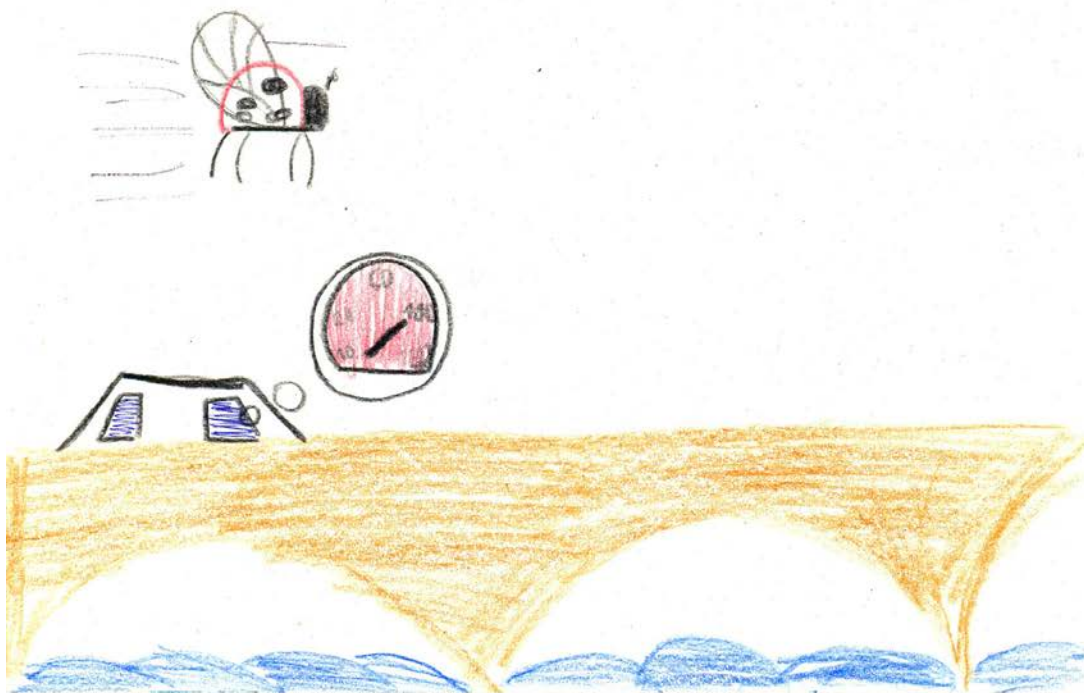
Další ukázky žákovských prací jsou uvedeny na obrázcích 2 a 3. Je z nich vidět, že práce žáků často vyžaduje doplňující komentář učitele, nejlépe formou diskuse s ostatními žáky.

Beruška letí podél mostu rychlostí 108 km/h
za 28 sekund. Jak je dlouhý most?

$$\begin{aligned} s &= v \cdot t \\ v &= 108 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ t &= 28 \text{ s} \\ s &= ? \text{ m} \\ s &= v \cdot t \\ s &= 28 \cdot 30 \\ s &= 840 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} 108 : 3,6 = \\ \underline{1080} \quad 36 - 30 \\ 00 \\ 0 \\ 28 \\ \cdot 30 \\ \hline 840 \end{array}$$

Most je dlouhý 840 m .



Obr. 2 – ukázka práce žáka – beruška letící rychlostí $108 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.
Nereálný údaj o rychlosti je v tomto případě spíše projevem snahy o vytvoření humorného zadání.

Míč má objem 1 m^3 . Je ponořený ve vodě v hloubce 11 m . Jak velká je vztlaková síla?

$$V = 1 \text{ m}^3$$

$$h = 11 \text{ m}$$

$$g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

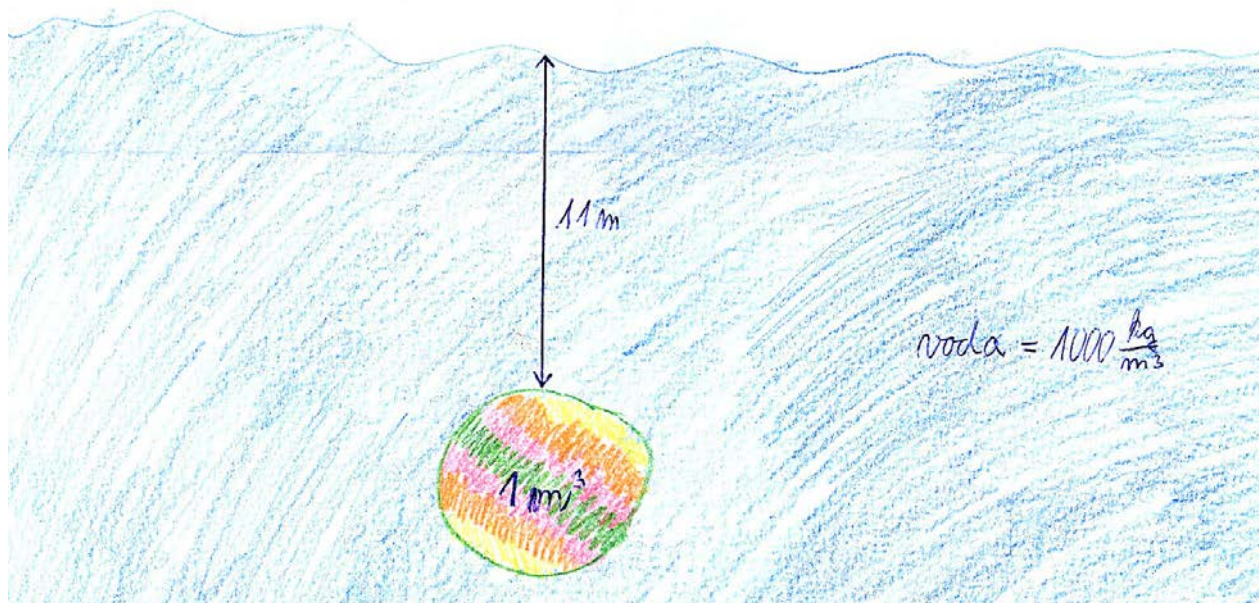
$$\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$F_{vz} = V \cdot \rho \cdot g$$

$$F_{vz} = 1 \cdot 1000 \cdot 10$$

$$F_{vz} = 10\,000 \text{ N} = 10 \text{ kN}$$

Na míč působí vztlaková síla 10 kN



Obr. 3 – ukázka práce žáka – míč o objemu 1 m^3 ; typická snaha o usnadnění práce volbou jednoduchých čísel, komentář učitele nutný

V každém dílu série článků o tvůrčí výuce fyziky je uvedeno několik námětů divergentních fyzikálních úloh. Pravidelný čtenář proto ví, že škála různých typů těchto tvořivých úloh je značně široká – pravděpodobně neomezená. Tento díl věnovaný právě divergentním úlohám byl ovšem zaměřen na jedinou skupinu – na početní divergentní úlohy. Ty mají mezi ostatními výsadní postavení, vyžadují nejvíce fyzikálních vědomostí a jsou současně nejlépe zařaditelné do tradiční výuky bez speciálních požadavků na přípravu učitele. Zadáání takových úloh může velmi dobře sloužit rovněž jako nástroj diagnostiky fyzikálních vědomostí.

Žáci na rozdíl od učitele na tuto práci ovšem musí být připraveni. Je důležité, aby učitel začal s jednoduššími frontálními aktivitami, při kterých spolupracuje celá třída a kdy má učitel možnost proces přímo řídit. Střední stupeň představují úlohy typu „vypočítej a oživ“. Teprve zvyknou-li si žáci na způsob práce, mohou samostatně tvořit vlastní zadání úloh od základu.

Následující díl série bude věnován hodnocení v tvůrčí výuce.

Použitá literatura

- [1] Meškan, V. *Rozvoj tvořivosti ve výuce fyziky I. – Tvůrčí řešení problémů, pedagogicko-didaktické aspekty rozvoje tvořivosti ve fyzice*. In Školská fyzika [online]. 4. 12. 2013 [cit. 28. 2. 2014]. ISSN 2336-2774. Dostupné z <http://sf.zcu.cz/cs/2013/4/3-rozvoj-tvorivosti-ve-vyuce-fyziky-i-tvurci-reseni-problemu-pedagogicko-didakticke-aspekty-rozvoje-tvorivosti-ve-fyzice>.
- [2] Guilford, J. P. *The Nature of Human Intelligence*. 1. vyd. New York: McGraw-Hill Education, 1967. ISBN: 978-0070251359.
- [3] Lokšová, I., Lokša, J. *Pozornost, motivace, relaxace a tvořivost dětí ve škole*. 1. vyd. Praha: Portál, 1999. ISBN 80-7178-205-X.
- [4] Jurčová, M. et al. *Didaktika fyziky – rozvíjanie tvorivosti žiakov a študentov*. 1. vyd. Bratislava: Univerzita Komenského, 2001. ISBN 80-223-1614-8.
- [5] Meškan, V. *Didaktické aspekty rozvoje kreativity ve výuce fyziky na základní škole*. Disertační práce obhájená dne 22. 10. 2013 na Pedagogické fakultě Západočeské univerzity v Plzni.
- [6] Meškan, V. *Tvořivá výuka fyziky na základní škole. Divergentní fyzikální úlohy*. Matematika – fyzika – informatika, 2010, roč. 20, č. 2, s. 93–105. ISSN: 1210-1761
- [7] Meškan, V. *Metodika tvořivé výuky fyziky na základní škole*. Rigorózní práce obhájená dne 20. 10. 2010 na Pedagogické fakultě Západočeské univerzity v Plzni.
- [8] Tesař, J. *Nonverbální úlohy*. In: Sborník z konference „Aby fyzika žáky bavila 2“, Vlachovice 19. –22. 10. 2005, editor R. Kolářová, UP Olomouc 2005, s. 115–120. ISBN 80-244-1181-4